

遠隔作業支援システムの現場適用 ～情報通信沼津工場での実証実験～

鈴木 雄介 市原 俊介
福島 寛之 瀧上 正睦

日本国内の深刻な少子高齢化により熟練技術者が不足すると共に、長期化した不況時に工場で人材を雇用することが困難であったことにより、中間層の空洞化が生じている。その影響で、技術の受け手となるべき層が非常に若く、また、熟練技術者と世代差があり、コミュニケーションの行違いが生じるなどの問題が起きている¹⁾。

このまま熟練技術者の退職・引退と同時に技術が消失すると、事業を継続できなくなる可能性もあるため、OKIのみならず、各社で熟練技術者の「暗黙知」を「形式知」化する作業や、それらを支援するための技術が開発されている。

また、お客様のニーズが多様化、個別化する傾向に対応するため「多品種少量生産」が多くの業種で一般的になっている。従来は同じ製品を何度も大量に作るプロセスであり、いったん熟達したら、マニュアルや指示書類は多くの場合不要になっていた。しかし、昨今では、作業中のミスをなくすため、必要に応じてマニュアルやデジタル的なサポートが随時必要になる点が以前とは異なっている。

OKIではこれらの問題を解決するために、お客様側の設置先でプリンターやATMなどを保守点検する作業や、システム製品の設置工事をする作業者に遠隔地から何らかの形で指示、誘導をすることで、現場の作業を補助するような遠隔作業支援システムを開発している。

本稿ではこの開発中の遠隔作業支援システムの概要と、弊社情報通信沼津工場の協力による実証実験について述べる。

で撮像映像を遠隔地の指示者に送信する。指示者側は映像上への線の描画や、指示者の手の形をジェスチャーとして合成して返送する^{2)、3)}。

本システムは、現場と熟練技術者拠点との間のコミュニケーションを支援する以外に、暗黙知を形式知化する役割も期待されている。つまり、熟練技術者とのコミュニケーションをデジタル情報として記録することによって、熟練技術者ならではの観点や、逆に非熟練者が作業上陥りがちな誤りなどを明らかにし、マニュアル生成などの改善活動に活用する役割を期待している。

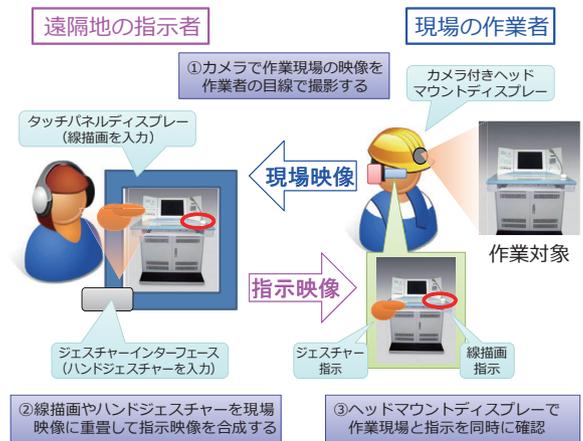


図1 開発中の遠隔作業支援システム

遠隔作業支援システム

筆者らは、少子高齢化による現場人員数減少と、多品種少量生産による現場作業の複雑化への対応などを課題として遠隔作業支援システムの研究開発を継続している。

(1) システム構成概要

図1にOKIが開発中のウェアラブルデバイスを活用した遠隔作業支援システムの構成を示す。現場の作業者が頭部に小型ディスプレイ（Head Mounted Display、以下HMDと略する）と小型カメラを装着し、ネットワーク経由

(2) システム詳細構成

現在開発中のシステムについてより詳細に説明する。図2に現在利用中のハードウェアを示す。作業者はHMD、ウェアラブルカメラを身に着け、指示者側ではタッチパネルディスプレイと手形検出用ジェスチャーセンサーを利用する。通信時に利用するソフトウェアはブラウザ上で動作するアプリケーションとして開発している。

2018年現在、カメラ、ディスプレイが一体型になったウェアラブルデバイスとして市販されているものも複数存在するが、利用しているCPUの性能による制限や、カメラやセンサーを追加することが困難であるなどの課題がある。筆者らは今後の発展なども考慮し、PC、タブレットを

利用して、システムが特定のハードウェアに依存しない構成としている。つまり、必要に応じてカメラやセンサーを追加したり、ディスプレイを変更したりできるようにしている。ウェアラブルやVR分野のハードウェア性能は日進月歩であるため、その時々での最適なハードウェアを選択できるように考慮している。現状ではシステムがコンパクトにはならず、装着に手間がかかることなどがデメリットとなるが、これらの改善にも取り組んでいる。

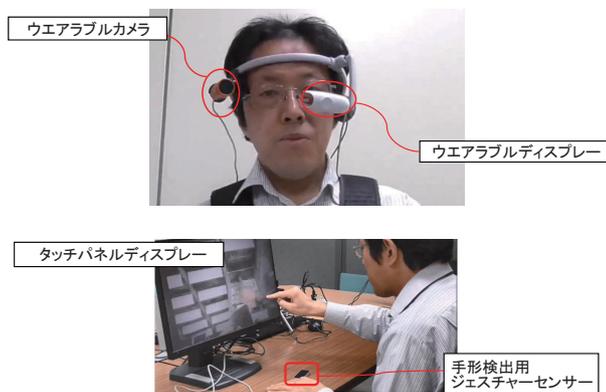


図2 遠隔作業支援システムの詳細構成
上・作業側 / 下・指示側

遠隔作業支援システムの特徴

(1) ジェスチャーの利用

ここでは本システムの特徴であるジェスチャーを送受信する技術の作業指示における効果を記載する⁴⁾。

例えば電話のみで遠隔作業を支援する場合に困難が伴うことは容易に想像できるが、映像が送信されている場合でも円滑にコミュニケーションがとれるとは限らない。送られてきた映像に対し、(注目すべき場所を指しながら)「ここを見て」、(手を実際に動かしながら)「こんな風に取手をつかんで」などのように、指示者が作業者と同じ空間にいる場合に自然に発生する身体を使った情報伝達ができないからである。

この問題を解決するため、前述した手形検出用ジェスチャーセンサーで手の形を計測し、ウェアラブルカメラで撮影した映像上に重畳表示することで、仮想的に身振りを伝える機能を実装している。図3に手形検出したデータが重畳表示される様子を示す。類似したシステム⁵⁾でよく用いられる、単純に位置を指示するポインターと異なり、手の形を使って表現することで、より多様な情報を提示できる。指示者が相手から送られてくる映像を見ながら身振り手振りすることで、それが自然に遠隔地に伝達されることを目指している。

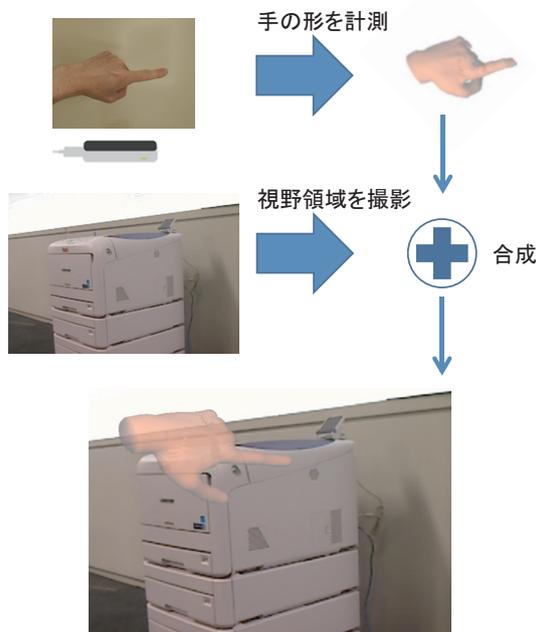


図3 ジェスチャーのスナップショット

(2) スナップショットデータの再利用

現システムでは、パネル上のタッチ操作で、画面に映っているムービーの瞬間を切り出したスナップショットを取得できる。スナップショットには、ジェスチャーの重畳だけでなく、指先で線を自由に書き込むこともでき、これらを併せたデータとして保存ができる(図4)。ディスプレイ上の描画色は試行錯誤の後、ライトグリーンを標準色としている。この色は赤などの原色と比較して、暗い背景の中でも目立ちやすいことが分かってきた。

取得したスナップショットデータに描線を重畳して保存した映像データを、作業側視点映像が表示されているウィンドウ上にドラッグすることで、再度データを送信することもできる。これにより、同じ説明や指示を何度も繰り返すことなく「さっき説明した、これ」といった形で指示側が指示を反復できる構成となっている。



図4 スナップショットデータ

実証実験

(1) 実証実験概要

情報通信沼津工場内で、本システムの現場実証実験を実施した。実験では、工場で製造したシステム製品の組立て納入時の起動操作と、動作確認を対象に評価した。起動操作は装置納入時に確認項目が多く難しい個所であり、その改善を評価対象とした。

実験実施時には本システム評価の観点から、隣接する空間に作業者と指示者を配置したが、指示者の視線方向に配慮し、視界内に直接作業者が作業をしている空間の視覚情報、聴覚情報が入らないようにした(図5)。

さらに、実験中の映像は固定・手持ち合わせて4台のカメラを用いて撮影し、実験後詳細に分析した。

(2) 実験中に観察された状況

ここでは、定量的なデータではないが、実験映像の詳細分析から観察された興味深い状況について2点ほど紹介する。

①画面を止めることなしに連続的に指示可能

システム製品は数メートルの幅がある大きさなので、作業者の身に着けたカメラの映像に全体が収まらない。指示者は作業者に移動を指示したり、また移動の結果をリアルタイムに確認したりしながら、具体的な作業領域、作業対象を詳細化するという指示を伝達する必要がある。他社の遠隔作業支援システムと同様の仕組みを使うと、指示を変えるたびにスナップショットを取得して、ポインターで方向指示、位置指示をする必要がある。

一方、本システムでは指で大まかな方向を示し、そのまま画面内に対象物が入ってきた際に、指さして「これ」といった柔軟な指示ができるため、円滑に作業を指示できている。

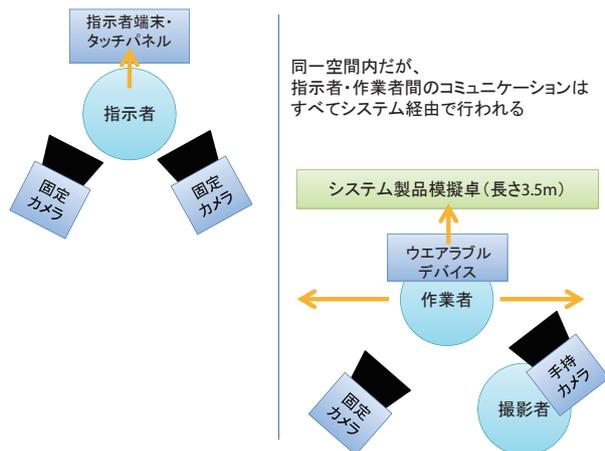


図5 実験時の配置図

②共通理解のギャップを埋めることが可能

指示者は、作業者にシステム製品上にあるキーボード上の改行キーを押して欲しかったが、「改行」「決定」と、口頭で表現して伝わらないので、最後にディスプレイ上に記号を手書きして、指示を伝えることに成功した(図6)。

指示者と作業者（エンターキーと言われれば分かったとコメント）の持っている技術に関係する知識にも、いわば文化的・年代的な差があり、お互いの表現が通じない場合があるが、本システムを利用することでこれらの課題を回避できた事例であった。



図6 スナップショットへの改行記号描線

(3) システム導入による実験結果

2016年度の第1回の実験開始から、数回実験しているが、その結果いくつかの効果が確認できている。

①設置経験のない作業者でも、システムを使って指示を受けながらであれば一連の作業ができる。

ただし前提として、指示者（熟練者）の指示が適切であることが仮定されているため、今後は複数の指示者で実験する必要がある。

②ケーブルの抜けなど、システムが正常に動作しない状況を意図的に作って実験した場合にも、作業者と指示者でコミュニケーションをとりながら、問題を解決できる。

2017年度から、正常系以外の試験という意味合いで、作業者、指示者には伝えずにシステムに不具合がある状態で動作試験を開始させて、状況を観察しているが、現時点ですべての問題点を解決できたことが確認できている。

(4) 長期実験

2017年12月から作業支援システムを一式、情報通信沼津工場に導入して長期間の利用試験を実施中である。この長期実験では、システムを利用して指示者からの指示を受けることで、作業者の学習効率がどのように変化するか、すなわち、長期間の利用後に学習曲線の変化度合いを検討することを予定している。

研究開発方針

現場で実際に活用可能なシステムを開発するためには、利用者に対してヒアリングすることが必須である。さらに、実際に試作システムを利用した状況での工場利用者の行動を詳細に観察し、そこから得られた知見を反映させる必要がある。筆者らは実験時の指示者及び作業者の様子をビデオで撮影し、その内容を分析することで、システムの改良を継続してきた。

現在、研究開発の枠組みの中に、実際にシステムを利用する可能性がある現場関係者を交えて検討している。随時、指示者、作業者へのアンケートも実施しているが、システムの利用可能性に対してポジティブな結果が増えてくると同時に、改善要望がより細かく具体的になってくるとい状況になっている。課題としてもウェアラブルデバイスシステムのサイズ感や、調整し易さの観点でいくつか明確となってきた。

終わりに

実際にシステムを現場の方に利用してもらえるものにするためには、現場の知見、意見をシステムにどう反映させていくかが重要である。社内に多様な工場を持っていることは、工場・製造向けシステムを開発する中で重要なOKIの優位点であると考えている。工場の意見をシステムに反映させることで、工場内の生産性改善に貢献すると共に、知見を反映した強みのあるシステムにするべく開発を進める。◆◆

参考文献

- 1) 「人」が主役となる新たなものづくり - 産業競争力懇談会報告書 <http://www.cocn.jp/thema97-M.pdf> (2018年3月30日)
- 2) 市原俊介、鈴木雄介：遠隔作業支援におけるハンドジェスチャと描線機能の効果検証、情報処理学会インタラクシオン2016、2016
- 3) 市原俊介、鈴木雄介：ハンドジェスチャと描線機能を用いた遠隔作業支援システムの現場評価実験、情報処理学会インタラクシオン2017、2017
- 4) 鈴木雄介：コミュニケーションにおける身体性に関する研究、OKIテクニカルレビュー、第229号、Vol.84, No.1, pp44-47, 2017年5月
- 5) Hideaki. Kuzuoka: "Spatial workspace collaboration: a SharedView video support system for remote collaboration capability", Proc. of CHI '92, 1992.

● 筆者紹介

鈴木雄介：Yusuke Suzuki. 経営基盤本部 研究開発センター コミュニケーション技術研究開発部

市原俊介：Shunsuke Ichihara. 経営基盤本部 研究開発センター コミュニケーション技術研究開発部

福島寛之：Hiroyuki Fukushima. 経営基盤本部 研究開発センター コミュニケーション技術研究開発部

淵上正睦：Masachika Fuchigami. 経営基盤本部 研究開発センター コミュニケーション技術研究開発部